

Терёхин В.Д., Лагунов А.Ю.

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ В АРКТИКЕ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ

Аннотация. Освоения Арктики является приоритетным направлением в Российской Федерации. Специалистам в Арктике необходима развитая телекоммуникационная инфраструктура. Для электропитания аппаратуры традиционно использовались бензиновые и дизельные генераторы. Их использование загрязняло природу. Авторы предлагают использовать солнечные модули. Авторы собрали установку из солнечных модулей, контроллера заряда, аккумуляторных батарей, инвертора и нагрузки. Испытания были проведены на мысе Желания острова Новая Земля. Авторы сделали вывод, что солнечные модули могут быть использованы во время полярного дня для питания телекоммуникационной аппаратуры.

Ключевые слова: монокристаллический кремний, солнечный модуль, альтернативная электроэнергетика, телекоммуникационная аппаратура, Арктика

Abstract. Development of the Arctic is a priority in the Russian Federation. Specialists require a strong telecommunications infrastructure in the Arctic. For the equipment power supply petrol and diesel generators are traditionally used. Their use pollutes the nature. The authors propose to use solar panels. The authors designed the installation of solar modules, charge controller, batteries, inverter and load. Tests were conducted at Cape Desire of the Novaya Zemlya island. The authors concluded that the solar modules can be used during the polar day to power telecommunications equipment.

Keywords: monocrystalline silicon, solar module, alternative power generation, telecommunications equipment, Arctic.

Введение

В настоящее время в Российской Федерации приоритетным направлением является энергопользование и энергосбережение. Арктика имеет исключительно важное военно-стратегическое значение для России. Освоение Арктики без развитой телекоммуникационной инфраструктуры очень затруднительно. Для питания аппаратуры необходимы источники электроэнергии. При этом большой мощности не требуется. Для питания мобильных установок достаточно 80-100 Вт, для стационарных станций не более 1500 Вт.

Длительное время традиционными для Арктической зоны источниками электроэнергии являлись бензиновые и дизельные электрогенераторы. Для их работы необходим регулярный завоз топлива и обслуживание. Кроме того, в результате этой деятельности оказывается значительное негативное влияние на экологию островов Северного ледовитого океана: загрязнение выхлопными газами, разливом топлива на поверхность почвы, уничтожение растительного покрова при перевозке топлива, накопление тары.

В то же время, в Арктике имеются неиссякаемые источники энергии. Например, на острове Визе по данным Росгидромета за период с 1 января 2015 года по 31 декабря 2015 года среднее значение скорости ветра на высоте 10-12 метров за десятиминутный период, непосредственно предшествовавший сроку наблюдения, составляет 6,2 м/с [2]. Гор и высокой растительности на большинстве островов нет. Всё вышеперечисленное создаёт хорошие условия для применения ветрогенераторов. Для нормальной работы ветрогенератора среднегодовая скорость ветра должна составлять не менее 4 м/с.

Недостатки ветрогенераторов: большие размеры и вес, необходимость установки на высоте, требуются мачты с растяжками, низкая мобильность, невозможность быстро переместить на новое место (исследователям Арктики часто приходится перемещаться с места на место), сильная зависимость от силы ветра. Недостатки ветрогенераторов ограничивают их использование в Арктике.

Вторым неиссякаемым источником является солнечная энергия. Лауреат Нобелевской премии по физике Жорёс Ива́нович Алфёров рекомендует переходить к более широкому применению солнечной фотоэлектроники [1]. Данный источник энергии практически невозможно использовать во время полярной ночи в Арктике. Большое количество экспедиций отправляется на острова Северного ледовитого океана в летнее время. В это время в Арктике полярное лето. Постоянно светит солнце. Именно в летнее время наиболее оптимально использовать солнечные модули.

На рынке солнечных модулей преобладают кремниевые фотоэлементы. Объясняется это широким распространением кремния в земной коре, относительной дешевизной его добычи и высоким показателем производительности, в сравнении с другими видами солнечных батарей. Многие исследователи отмечают низкий КПД солнечных модулей при высокой температуре. Алферов Ж.И., в частности, отмечает [1] снижение эффективности кремниевых фотоэлементов при нагреве. Например, на острове Визе по данным Росгидромета за период с 1 мая 2015 года по 30 сентября 2015 года (чаще всего экспедиции работают в Арктике в этот период) среднее значение температуры воздуха на высоте двух метров над поверхностью земли составляет $-1,3^{\circ}\text{C}$ [3]. Максимальная температура

составляет $+8,4^{\circ}\text{C}$. В данных условиях применение кремниевых фотоэлементов возможно без риска перегрева.

Выдвинем гипотезу: если использовать солнечные модули, то выработанной электроэнергии будет достаточно для питания малогабаритной телекоммуникационной аппаратуры с общей потребляемой мощностью не менее 80 Вт.

Материалы и методы

В качестве блок-схемы оборудования выберем классическую компоновку (рис. 1).

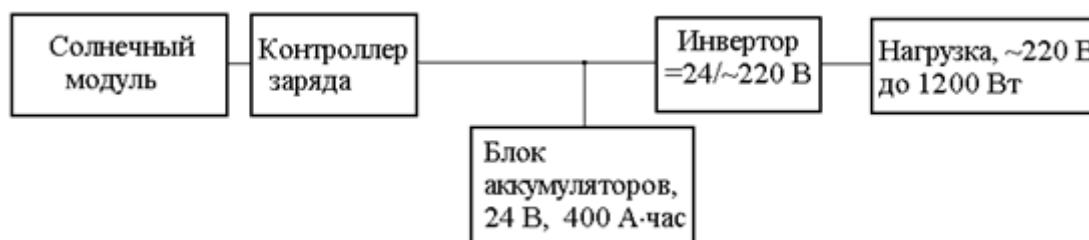


Рис. 1. Блок-схема энергетической установки

Мы выбрали солнечные модули FSM-300 отечественного производства. Данные солнечные модули изготовлены из монокристаллических кремниевых солнечных элементов, защищенных прочным стеклом. В состав модуля входит 72 пластины (156x156 мм), материал – монокристаллический кремний (JA Solar). Используемая технология является сравнительно дорогостоящей. Но данный вид солнечных батарей имеет более высокий показатель КПД (порядка 17-22%). Каждый из модулей FSM -300 выдает напряжение до 36,7 В мощность до 300Вт, суммарная мощность четырех установленных батарей составляет до 1200Вт. Номинальное напряжение на выходе составляет 24 В. Рабочая температура эксплуатации и хранения составляет $-40...+85^{\circ}\text{C}$. Данный показатель соответствует диапазону температур в Арктике.

Для преобразования выходного напряжения солнечных батарей в напряжения 24В и зарядки аккумуляторов установим контроллер заряда MorningstarTS-MPPT-60 с цифровым дисплеем MorningstarTS-M-2, выдерживающий зарядный ток до 60А.

Контроллер заряда предназначен для контроля за процессом заряда аккумуляторных батарей. Эта модель контроллера заряда поддерживает работу с солнечными батареями мощностью до 800 Вт при напряжении аккумуляторов 12 В, до 1600 Вт при напряжении аккумуляторов 24 В или до 3200 Вт при напряжении аккумуляторов 48 В.

В случае, если данные системы не могут выдать необходимую нагрузку потребителю в связи с отсутствием солнца, то система питается от четырех герметизированных необслуживаемых аккумуляторных батарей

типа GELCHALLENGER 12-200H на 12В, 200Ач. Выбор гелевых аккумуляторов был обоснован рядом преимуществ по сравнению с кислотными и щелочными. В Арктике аккумуляторы должны работать при низких температурах и высокой влажности. При перевозке необходимо исключить возможность протекания и порчи другого оборудования. При длительном отсутствии солнца возможен глубокий разряд аккумуляторов. Гелевые аккумуляторные батареи во многом лишены недостатков кислотных и щелочных батарей.

Последующее преобразование с 24В постоянного напряжения в 220В переменного для питания внешней цепей осуществляется инвертором MUSTER 2024, способным держать нагрузку до 2000Вт.

Результаты

Произведём теоретический расчёт установки.

При заданной мощности нагрузки можно вычислить ток, потребляемый инвертором MUSTER 3000 2024 от блока аккумуляторов и солнечного модуля из выражения (1).

$$P = UI\eta \quad (1)$$

где η - КПД инвертора.

Отсюда при максимальной возможной мощности в 1200 Вт максимальный потребляемый ток $I_{\max} = P_{\max} / (U \cdot \eta) = 1200 / (24 \cdot 0,95) = 52,63$ А.

При питании инвертора только от блока аккумуляторов время работы ограничено. Для применяемых аккумуляторов время полного разряда зависит от разрядного тока. По паспортным данным батареи Challenger G12-200H конечное напряжения разряда для емкости 200 А·час составляет 1,75 В на 1 элемент, что составляет $1,75 \cdot 6 = 10,5$ В на батарею. Зависимость времени полного разряда от разрядного тока для конечного напряжения 10,5 В приводится в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость времени полного разряда от разрядного тока

Время, час	2	3	4	5	8	10	20
Разр. ток, А	67,7	51,5	40,9	34,0	23,1	18,8	10,1

При параллельной работе батарей разрядный ток удваивается. С учетом этого строим график зависимости времени полного разряда от разрядного тока (входного тока инвертора) для интересующего нас диапазона токов до 100 А (Рис. 2, вариант 1). Для малых токов менее 20 А время разряда можно вычислять по простой формуле: $T_{\text{разр.}} (\text{час}) = \text{Емкость} (\text{А} \cdot \text{час}) / \text{Ток} (\text{А})$.

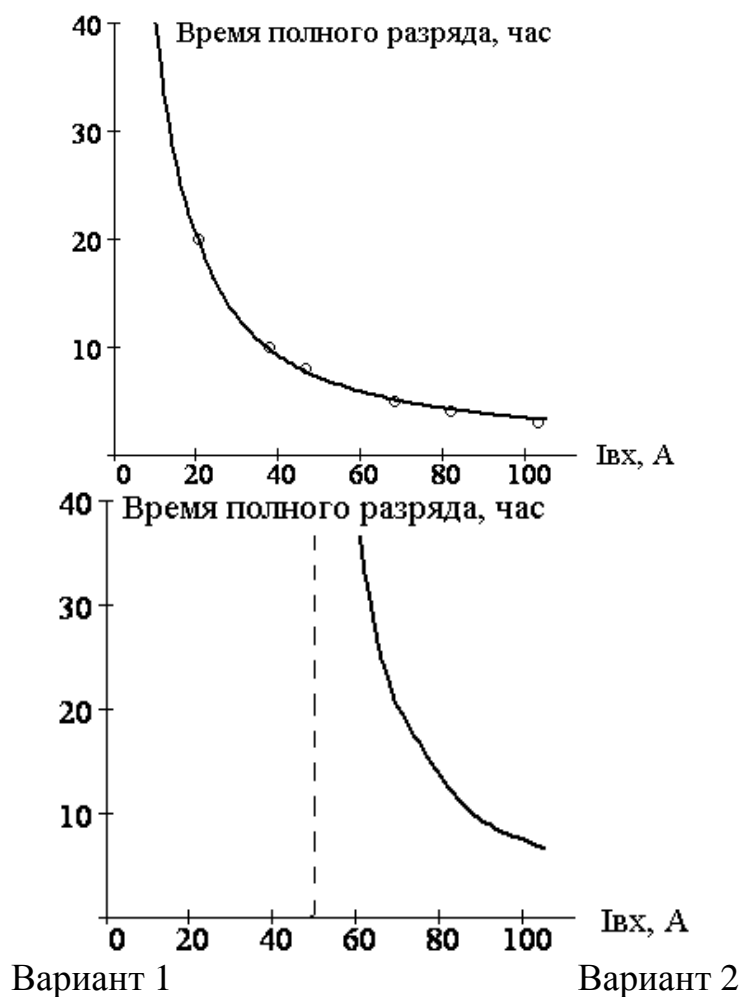


Рис.2. График разряда

При максимальной мощности нагрузки 1200 Вт при токе разряда 52,63 А аккумуляторы полностью разрядятся за 6,9 час. Работающие солнечные панели при наилучших условиях позволяют уменьшить потребление тока от аккумуляторов и увеличить время работы до полного разряда батарей. Максимальная мощность солнечных панелей составляет 1200 Вт.

Ток при этом: $I_{\max} = P_{\max}/U_{\Gamma} = 1200/24 = 50 \text{ А}$.

График зависимости времени полного разряда от входного тока инвертора приведена на рис.2, вариант 2.

При максимальной мощности нагрузки 1200 Вт аккумуляторы полностью разрядятся за время более 24 часов. При входных токах инвертора менее 50А, что соответствует мощности нагрузки менее 1140 Вт, аккумуляторы будут заряжаться.

Результаты расчёта: максимальную нагрузку 1200 Вт предложенное оборудование может поддерживать ограниченное время: аккумуляторы – 5,8 часа, аккумуляторы + солнечный модуль > 24 часов, максимальная мощность нагрузки, при которой не разряжаются аккумуляторы, составляет 1140 Вт, оптимальная мощность нагрузки, при которой не разряжаются аккумуляторы, при работе солнечных панелей на 25% составляет 185 Вт.

С(А)ФУ проводил исследование возможности применения солнечных панелей на территории на мысе Желания острова Новая Земля (Широта: $76^{\circ} 55,54'$ Долгота: $68^{\circ} 29,22'$) на базе ФГБУ «Национальный парк «Русская Арктика». Оборудование и сотрудники центра радиотехнического мониторинга САФУ были доставлены на исследовательском судне «Профессор Молчанов» в рамках проекта «Арктический плавучий университет». Солнечные батареи были установлены на деревянной крыше жилого здания, принадлежащего национальному парку «Русская Арктика» с использованием Г-образных крепежей. Все преобразователи и аккумуляторы установлены внутри здания на втором этаже с запасом проводов, таким образом, чтобы в случае необходимости оборудование можно было перенести в другое место.

В экспериментальном режиме в качестве нагрузки использовался проволочный резистор сопротивлением 100 Ом, мощность рассеивания 200 Вт. Максимальное значение в 638 Вт (рис. 3) по выработке мощности наблюдалось в 15:00 в дневное время. Минимальное значение 46Вт обеспечивалось в 4:00 ночи.

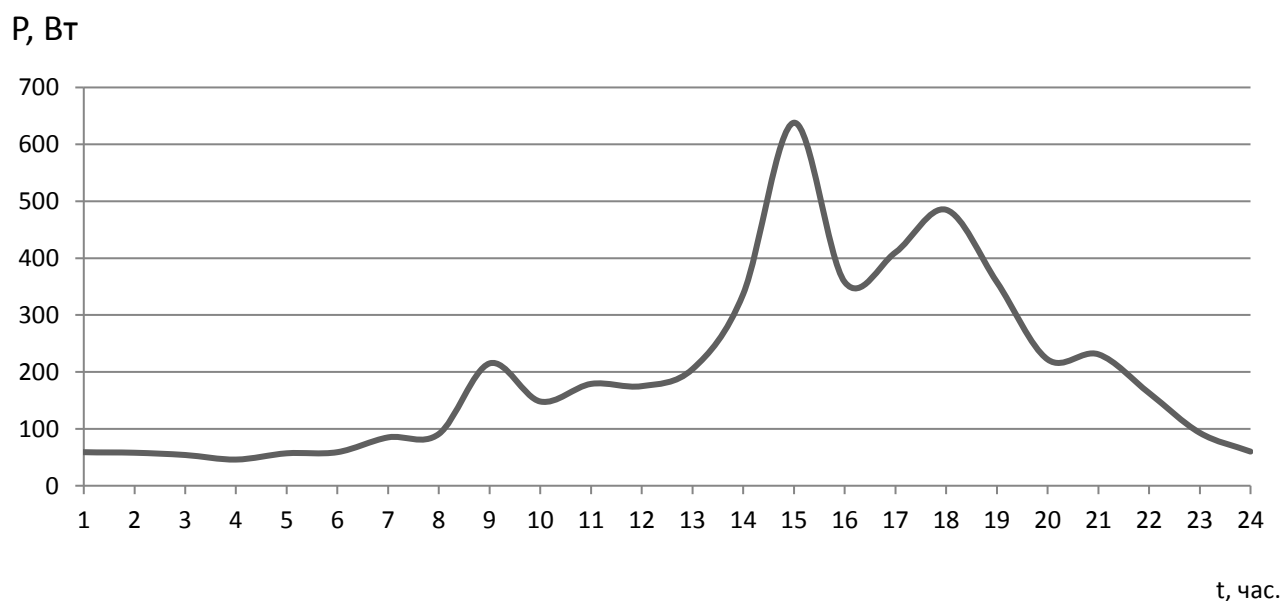


Рис. 3. Зависимость выработки электроэнергии солнечными панелями от времени суток.

Выводы

По условию задачи для питания телекоммуникационной аппаратуры требовалась мощность электропитания не менее 80 Вт. Солнечные панели обеспечивают превышение порогового значения в 80 Вт с 07:00 до 23:00. Заряда аккумуляторных батарей за это время достаточно, чтобы обеспечить электропитанием аппаратуру связи с 23:00 до 7:00. Максимальное значение в 638 Вт по выработке мощности наблюдалось в 15:00 в дневное время. Минимальное значение 46Вт обеспечивалось в 4:00 ночи.

На протяжении длительного времени солнечные модули, в летнее время, работали стабильно, вырабатывая не более 50% заявленной мощности. Хорошо прослеживается зависимость вырабатываемой ими мощности от времени суток. Пиковые показатели мощности приходились на период с 13-17 часов дня. Мощность, вырабатываемая солнечными панелями, напрямую зависит от облачности. При сильной облачности мощность падает на 30-50%. Однако, в эти моменты система начинает потреблять энергию, запасенную в аккумуляторных батареях. Таким образом, работоспособность системы не нарушается.

По сравнению с расчетными показателями в 1200 Вт солнечные панели выдавали максимальное значение 638 Вт в 15:00. Среднее значение за сутки составляет 194 Вт, что на 9 Вт выше оптимальной расчетной мощности нагрузки.

В целом, выдвинутая гипотеза не опровергнута. Солнечные модули могут быть использованы во время полярного дня для питания телекоммуникационной аппаратуры.

Библиография

1. Алфёров Ж.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников. – Том 38 – № 8 — 2004. – С.937-948.

2. Расписание погоды. – Режим доступа: <http://rp5.ru/>. Проверено: 01.06.2016.

3. Lagunov, A., Surovtsev, A., Terekhin, V., Belugin, A., Korobitsyn, D., Glavatskih, V., & Danilochkin, P. (2015). Features of supply of telecommunications in the arctic. Paper presented at the 2014 22nd Telecommunications Forum, TELFOR 2014 - Proceedings of Papers, 814-817. DOI:10.1109/TELFOR.2014.7034531